

“ 물은  $H_2O$  인가? ”

경영학과 20140475 남장옥  
사회복지학과 20160639 김다인  
사회복지학과 20160676 황지수  
국제경영학과 20160673 최이레  
문헌정보학과 20170585 조윤재



# Index

Chapter 1. 돌튼

Chapter 2. 아보가드로

Chapter 3. 실재론 논쟁

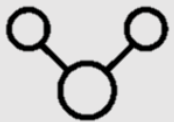
Chapter 4. 유기화학 - 에테르화

Chapter 5. 유기화학 - 화학모델





돌튼 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델

## 물이 H<sub>2</sub>O인 이유

물이 H<sub>2</sub>O라는걸 어떻게 알 수 있나?



원자량 : 산소x1 ≍ 수소x16

### 관측사실

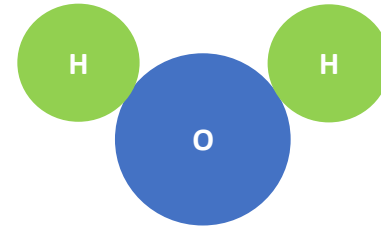
수소와 산소가 결합할 때 질량비는 1:8

### 사전지식

수소의 원자량1, 산소의 원자량16

→ 수소 원자의 수가 산소원자의 2배가 되어야함.

산소 원자량이 16라는걸 어떻게 알 수 있나?



물분자식 : H<sub>2</sub>O

### 관측사실

수소와 산소가 결합할 때 질량비는 1:8

### 사전지식

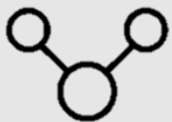
물 분자식은 H<sub>2</sub>O

→ 산소 원자량은 16이 될 수 밖에 없다.

# 존 돌튼



돌튼 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델



존 돌튼(John Dalton)  
(1766~1844)

## 존 돌튼



18-19C 영국의 화학자



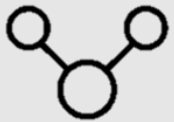
독학으로 화학공부



원자설 제안, 현대적인 원자 개념 확립 계기



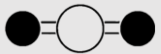
돌튼 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델

## 돌튼의 원자론

🧪 질량보존의 법칙과 일정성분비의 법칙을 설명하기 위해 제안

1. 질량 보존의 법칙 : 화학반응이 일어날 때 반응하는 물질의 총 질량은 반응 후 생성되는 물질의 총 질량과 같다.

ex) 수소 2g과 산소 16g이 반응하면 물 18g이 생성

2. 일정성분비 법칙 : 두 가지 이상의 성분 물질이 반응하여 화합물을 만들 때, 화합물을 구성하는 성분 물질 사이에는 일정한 질량비가 성립한다.

ex) 물이 생성될 때, 수소 원자와 산소 원자는 항상 1:8의 질량비로 반응



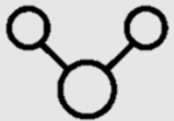
## 돌턴의 원자론

### 돌턴이 제시한 원자의 성질

1. 모든 물질은 더 이상 쪼갤 수 없는 원자로 이루어져 있다.
2. 같은 종류의 원자는 크기와 질량이 같고, 다른 종류의 원자는 크기와 질량이 다르다.
3. 원자는 없어지거나 새로 생기지 않으며, 다른 종류의 원자로 변하지 않는다.
4. 서로 다른 원자들이 일정한 개수비로 결합하여 새로운 물질이 만들어진다.

원자가 다른 종류의 원자로 바뀌지 않으며, 따라서 질량이 보존된다.

→ 질량보존의 법칙과 일정성분비의 법칙 설명 가능



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화

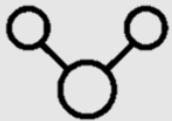


화학모델

# 돌턴의 원자론



돌턴 이론



아보가드로 이론



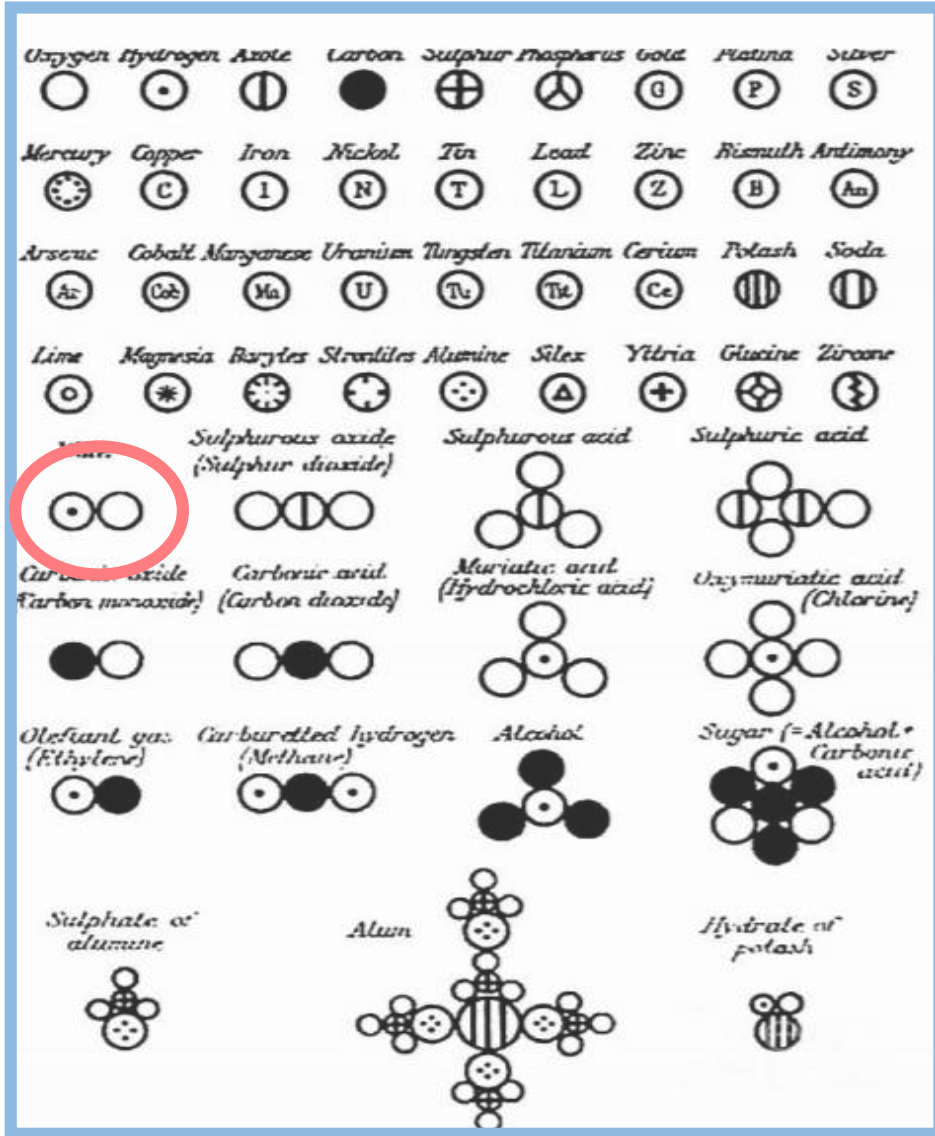
실재론 논쟁



에테르화



화학모델



돌턴의 원자, 분자그림

물은  $H_2O$  : 최대 단순성의 규칙

그 당시 화학계의 가설:

다른 종류의 원자간에는 친화력 존재

같은 종류의 원자간에는 척력만 존재

모든 원자는 열소를 포함하고있고

열소끼리는 서로 반발

안정적인 결합 순서  $1:1 > 1:2, 2:1 > 1:3, 3:1$  주장

# 아메데오 아보가드로



돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델



아메데오 아보가드로

(1776~1856)

## 아보가드로



이탈리아의 물리학자, 화학자



독학으로 수학과 물리학을 공부하여 전기 등에 대한 논문 발표



30대 초반에 베르첼리 왕립 전문학교 과학 선생이 됨



1820년 토리노 대학 수리물리학 교수가 됨



'EVEN (Equal Volume, Equal Number)' 가정 주장



# 게이-뤼삭의 '기체반응 법칙'



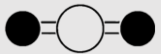
돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델



게이-뤼삭

(1778~1850)

## 기체반응 법칙

“기체상태의 물질들 간에 화학반응이 일어날 경우,  
관련된 기체의 부피가 간단한 정수비를 이룸”

> 수소+산소 => 물 or 일산화탄소+산소 => 이산화탄소  
부피의 비 = 2 : 1

> 질소+산소  
부피의 비 = 2:1 or 1:1 or 1:2

# EVEN 가정



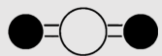
돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



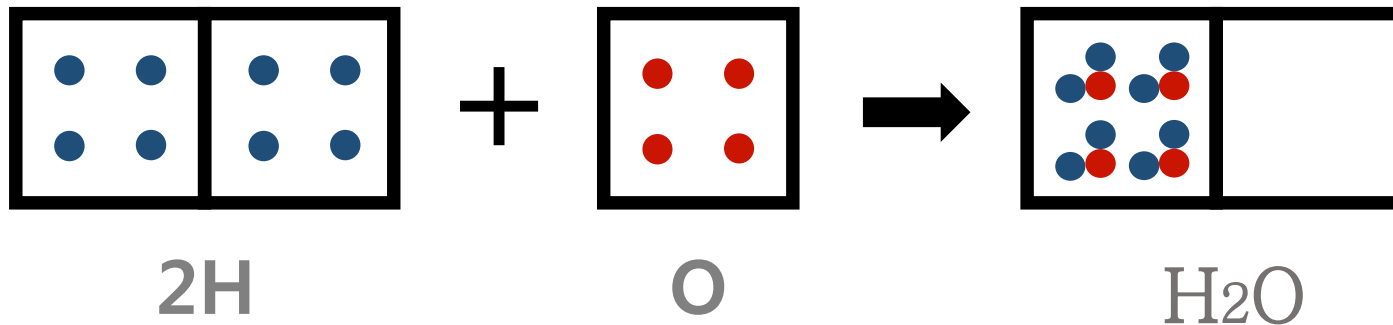
에테르화



화학모델

## EVEN 가정

동일 부피, 동일 입자 수



But!

수증기의 경우 2배의 부피



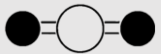
돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



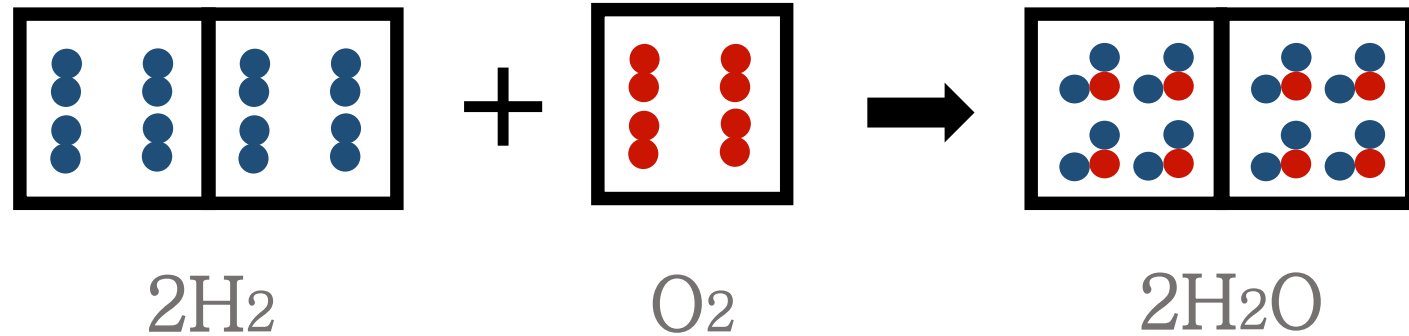
에테르화



화학모델

## 이원자 분자가설

> 본래 산소와 수소는 두 개의 원자가 결합된 분자로 형성



# 아보가드로에 대한 과학자들의 거부



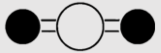
돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델



EVEN 가설 + 이원자분자 가설 => 과학적 신빙성 없다!!!!

# 베르셀리우스



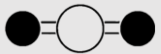
돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화

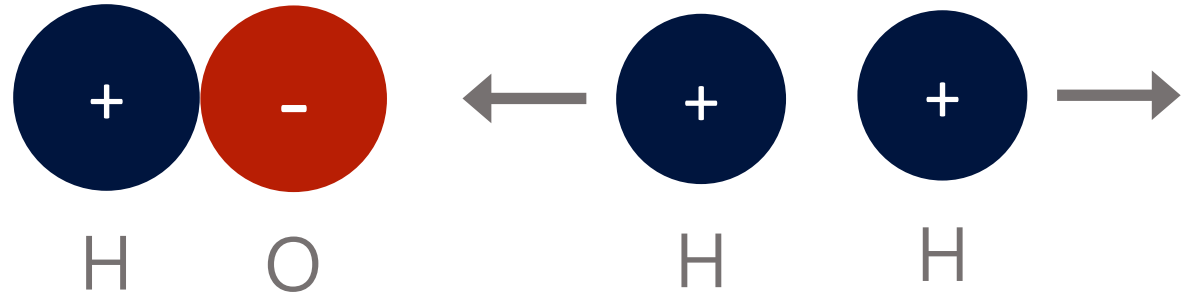


화학모델



베르셀리우스

(1779~1848)

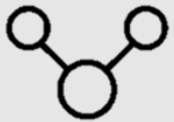


“서로 같은 전하의 원자는 절대 붙을 수 없다”

# 원자에 대한 실재론 논쟁



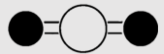
돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델

과학자들은 어떻게 알았을까요?

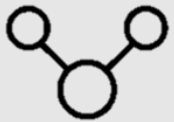
우리는 화학적 원자론의 역사를 알아 볼 필요가 있습니다.

→ 실재론 논쟁

# 원자에 대한 실재론 논쟁



돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델

## 실재론



과학의 궁극적 목표는 경험적으로 입증된 사실을 넘어서 자연에 대한 진리를 찾는 것이다.

## 실증주의

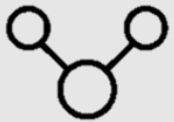


직접 관측할 수 있는 것을 지식의 유일한 원천으로 인정  
관측 결과를 가지고 증명할 수 있어야 한다.

# 원자에 대한 실재론 논쟁



돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁

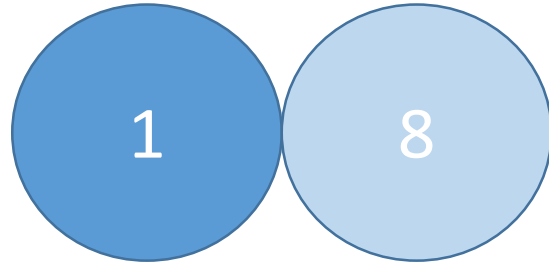
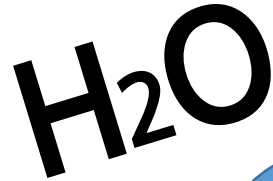


에테르화

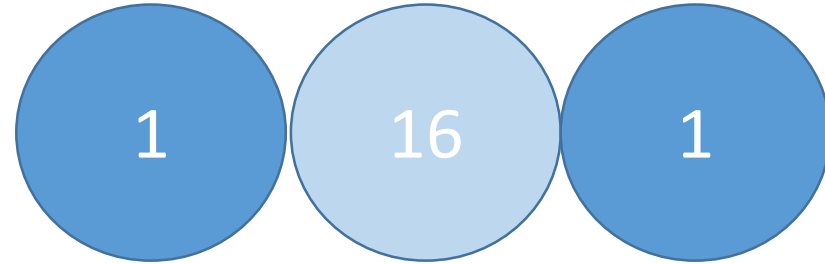


화학모델

돌턴 vs 아보가드로



돌턴



아보가드로

여기서 돌턴과 아보가드로는 서로 다른 가정을 하게 됩니다.

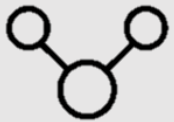
그 결과 돌턴은 원자들이 1대 1로 결합했다 생각했지만,  
아보가드로는 물이 형성될 때 1대 8의 질량비율을 맞추기 위해  
수소원자 두 개가 산소원자 하나와 합쳐져야 한다고 했습니다.



# 원자에 대한 실재론 논쟁



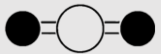
돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델



장바티스트 뒤마

(1800~1884)

프랑스의 화학자.

유기체 및 질소의 구성 성분에 대한 분석

## 이론 미결정성

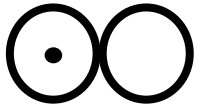
같은 관측결과를 설명할 수 있는 다수의 이론이 있다면 그 중 어느 이론이 옳은지 결정할 수 없는 상태

관측 할 수 있는 것만 다루어야 함.

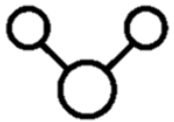
이유는 모르지만 수소와 산소가 항상 1대 8의 질량비로 결합한다는 규칙성을 관측으로써 확립하고 그것으로 끝내야 함.

뒤마의 주장에 힘입어 1820년대 프랑스의 과학교과서에서는 원자 개념이 삭제됨.

# 원자에 대한 실재론 논쟁



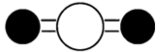
돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델

그러나..



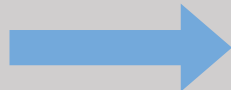
모든 사람들이 실증주의적 입장은 아니었다.



돌턴과 아보가드로의 의견은 서로 달랐지만 어떻게 생겼고 어떻게 결합하는지 알아내야 한다는 철학적 입장은 동일 - 실재론적 입장



진리의 여부와 상관없이 보이지 않는 것들을 시각화하는 모델을 만들었던 과학자들이 있었다.

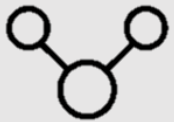


in 유기화학 분야

# 유기화학에서 내려준 H<sub>2</sub>O의 결론



돌턴 이론



아보가드로 이론



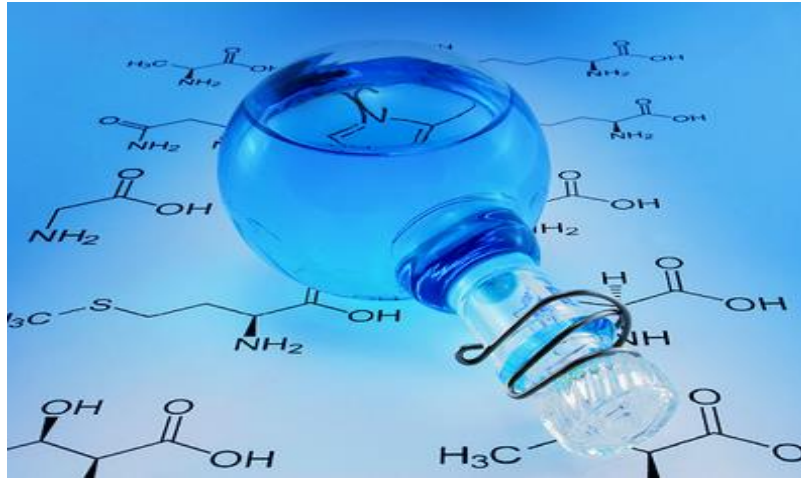
실재론 논쟁



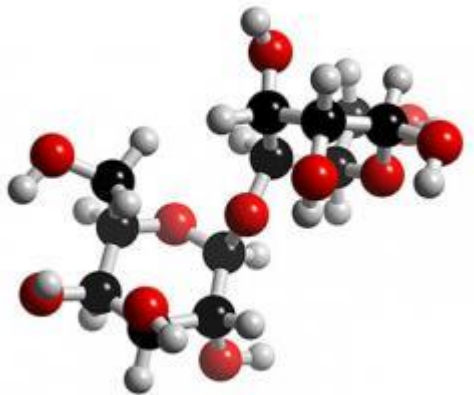
에테르화



화학모델



[ 물의 H<sub>2</sub>O 분자식을 굳혀준 것은 유기화학에서 성행했던 분자모델 ]



🧪 유기화학이란 동식물에서 추출된 복잡한 물질을 다룸

🧪 무기화학은 물 같이 단순한 분자를 다룸

🧪 무기화학은 비교적 간단한 분자들의 형성으로 그침

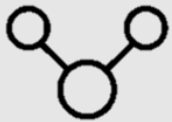
🧪 반면, 유기화학에서는 몇 가지 안 되는 종류의 원자들이 (탄소, 수소, 산소, 질소) 많은 수가 모여서 아주 복잡한 분자를 다양하게 형성

🧪 그러므로, 무기화학만으로는 이론의 비결정성이 도저히 깨지지 않음=> 유기화학!

# 유형 이론 (Type Theory)



돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델

에탄올  $C_2H_5OH$  / 에테르  $C_4H_{10}O$  /...



동식물에서 추출된 수천가지의 새로운 물질, 인공적 합성물로 고충



일단 물질들을 체계적으로 분류해야 했음



물질의 성질보다는 분자의 구성내용을 기반으로 분류!

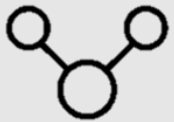


19c 중반에 '유형이론'이 등장

# 유형 이론 (Type Theory) - 물의 유형(water type)



돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁

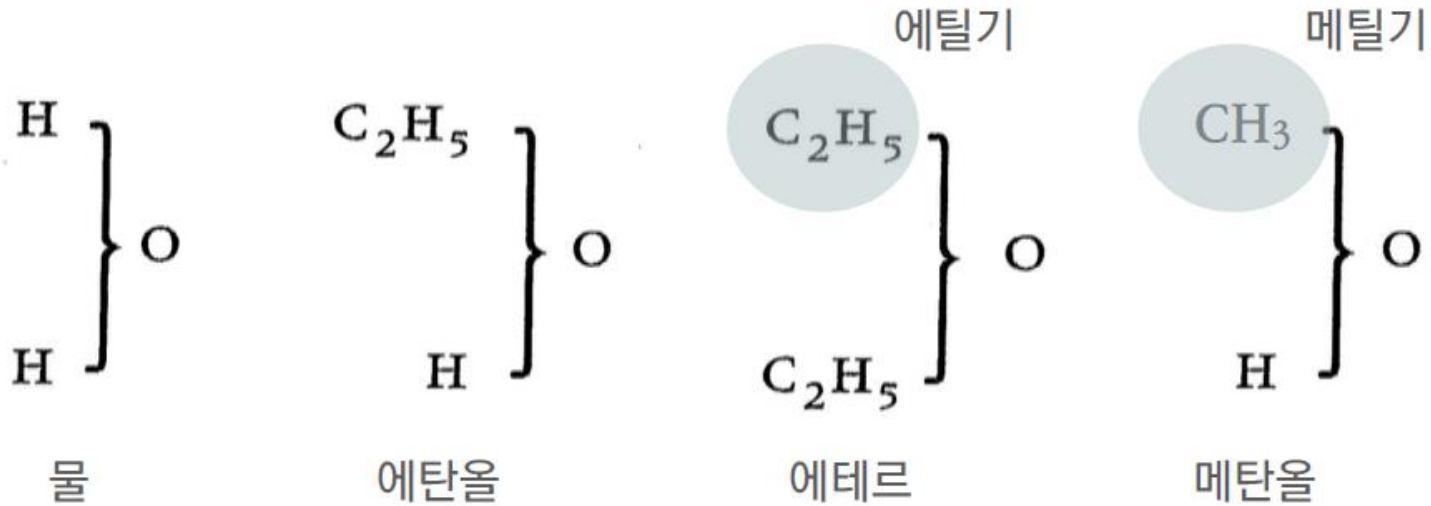


에테르화



화학모델

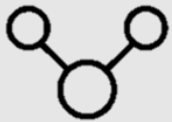
## 물의 유형을 지닌 분자들



- 복잡해 보였지만, 유형이론을 기반으로 분자식 도해를 보면 눈에 잘 들어옴
- 물의 유형 외에 수소 유형, 암모니아 유형, 염산 유형 등도 제안됨
- 그런데 모델을 잘 만드니 이 유형들이 허구가 아니라고 느낌



돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델



라몬 룰 Ramon Lull

(1233~1315)

“ 스페인에서 활동한 연금술사 ”  
13세기에 에테르화를 발견

## 에테르화

🧪 13세기에 발견되었지만 19세기 중반까지 신기하게 여겨진 현상

🧪 에틸알코올을 황산과 섞으면 에테르로 변하고 물이 나옴

🧪 이때 황산은 그대로 있음

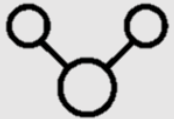
🧪 황산이 없으면 에틸알코올이 에테르로 변하지 않음

🧪 어떻게 이런 반응이?

# 윌리엄슨의 에테르화 설명



돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁

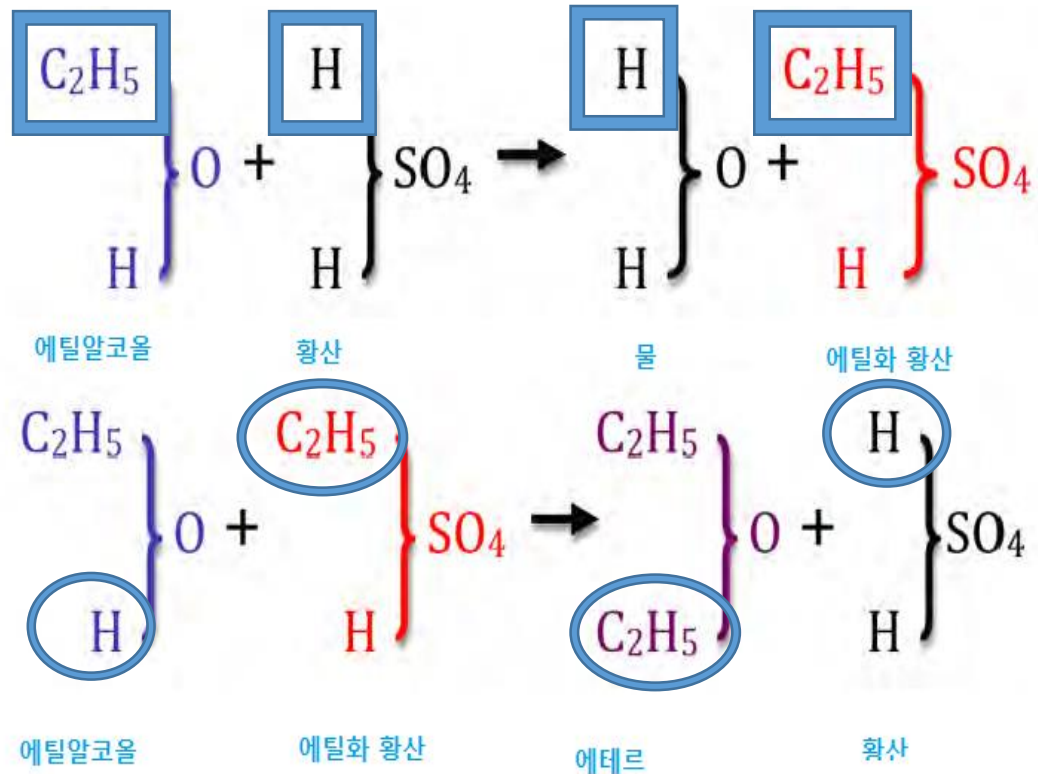


에테르화



화학모델

## [에테르화 과정]



분류를 위해 만들었던 유형이론을 통해서  
에테르화까지 설명



물 유형 이론이 대강 분자구조의 진상을 표현  
→ 물의 화학식도 굳어짐



성공적인 모델 만들 때 전제조건으로 한 내용은  
진실로 여겨야 한다는 추론!

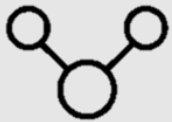


논리적으로 엄격하게 볼 때는 허점이 있지만  
실용적으로는 강한 설득력!

# 원자-분자 모델



돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델



아우구스트 빌헬름 폰 호프만  
(1818~1892)

## 호프만

 기센에서 태어나 기센대학교에서 법률을 공부

 리비히의 영향을 받아 화학으로 전향

 1845년 영국에서 타르 속의 벤젠을 추출함

 독일 화학회의 초대회장

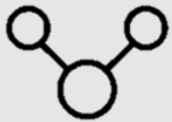
 막대기와 공을 사용한 분자 모델을 개발한 화학자



# 원자-분자 모델



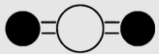
돌턴 이론



아보가드로 이론



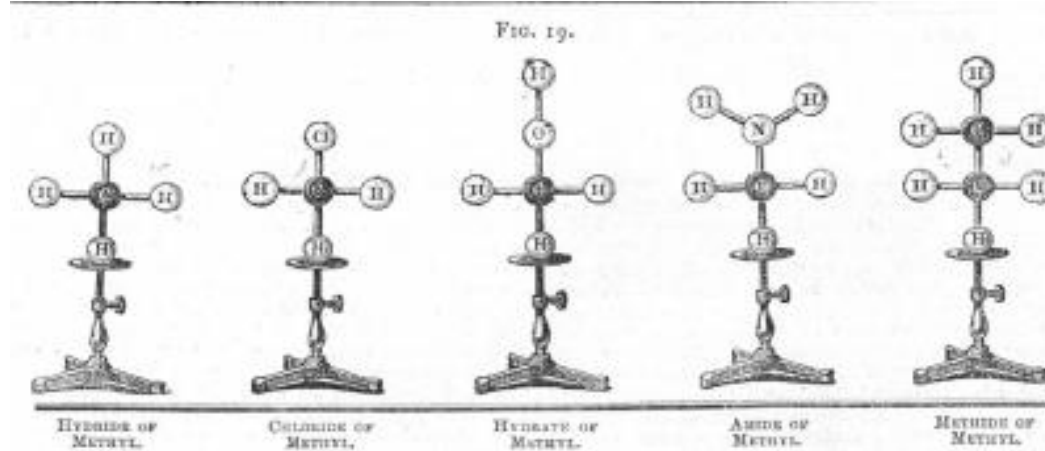
실재론 논쟁



에테르화

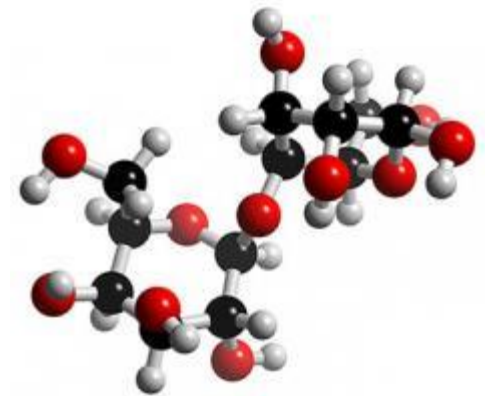


화학모델



## [ 호프만의 공과 막대기를 이용한 분자 모델 ]

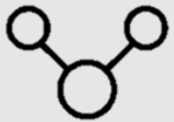
- 🧪 호프만이 강의를 위해 제작한 모델
- 🧪 현대의 화학수업에서도 이용되고 있음
- 🧪 막대기를 쫓아 분자를 설명하는 이 모델은 최근 이중 나선 구조를 밝혀내는 데에도 사용됐다



# 원자-분자 모델



돌턴 이론



아보가드로 이론



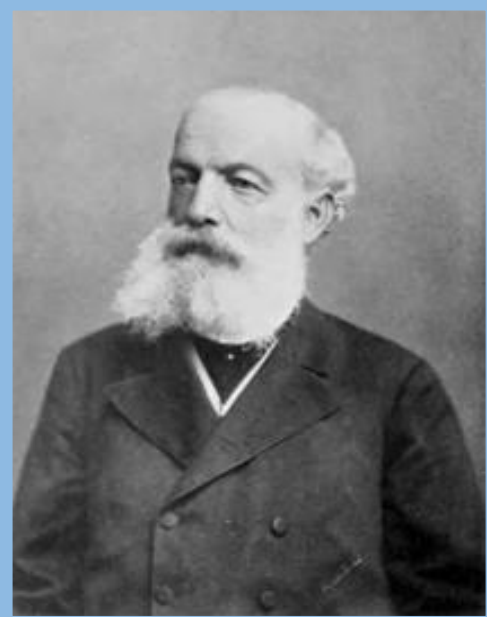
실재론 논쟁



에테르화



화학모델



아우구스트 케쿨레

(1829~1896)

“ 꿈꾸는 법을 배운 다음에는 우리도  
진실을 찾을 수 있을 것입니다. ”

## 케쿨레

🧪 독일의 유기 화학자

🧪 다름슈타트의 체히 귀족 가문에서 태어남

🧪 노벨 화학상의 처음 다섯 수상자 안에는 케쿨레의 제자가 3명 있음

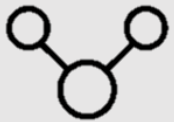
🧪 특히 벤젠에 대해 연구하여 벤젠의 탄소 고리 구조를 제시

🧪 케쿨레의 '뱀 꿈' 으로 유명

# 원자-분자 모델



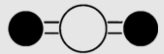
돌턴 이론



아보가드로 이론



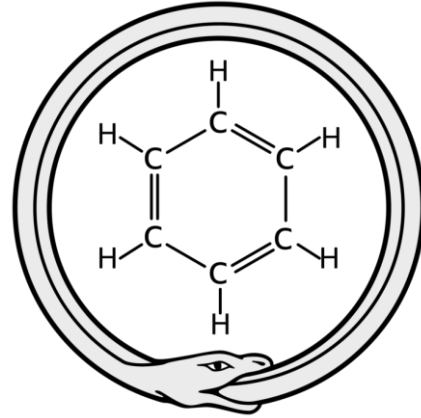
실재론 논쟁



에테르화



화학모델



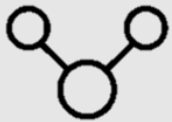
[ 케쿨레의 뱀 꿈 ]

- 자기의 꼬리를 문 뱀을 꿈꾼 케쿨레는 이 꿈을 흘려버리지 않았음
- 화학 분야 연구에 혁신적인 발견이 됨
- 모든 원자들이 원자가에 맞는지, 모순은 없는지를 철저히 검토하는 과정을 통해 벤젠의 구조를 발견

# 원자-분자 모델



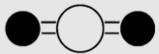
돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델

## [ 케쿨레의 소시지 모형 ]

<i>Derivatives of Marsh Gas.</i>	Kekulé's graphic formulæ.	Modern structural formulæ.	Modern graphic formulæ.
Marsh gas .		CH <sub>4</sub>	
Methyl chloride .		CH <sub>3</sub> ·Cl	
Carbonyl chloride		Cl·CO·Cl	
Carbonic anhydride		CO <sub>2</sub>	
Prussic acid . .		H·CN	

케쿨레는 유기 화합물을 사슬 결합 구조로 설명한 이론으로 유명한 화학자였다.

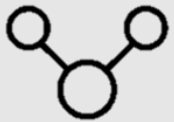
'사슬구조'란 이름 그대로 많은 유기물이 사슬 모양으로 길게 결합해 연결하는 구조다.

처음 사슬구조를 발표했을 때 당시에 많은 과학자들은 구조가 '소시지'와 같다고 비아냥거렸다.

# 확실하지 않은 결론



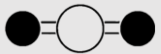
돌턴 이론



아보가드로 이론



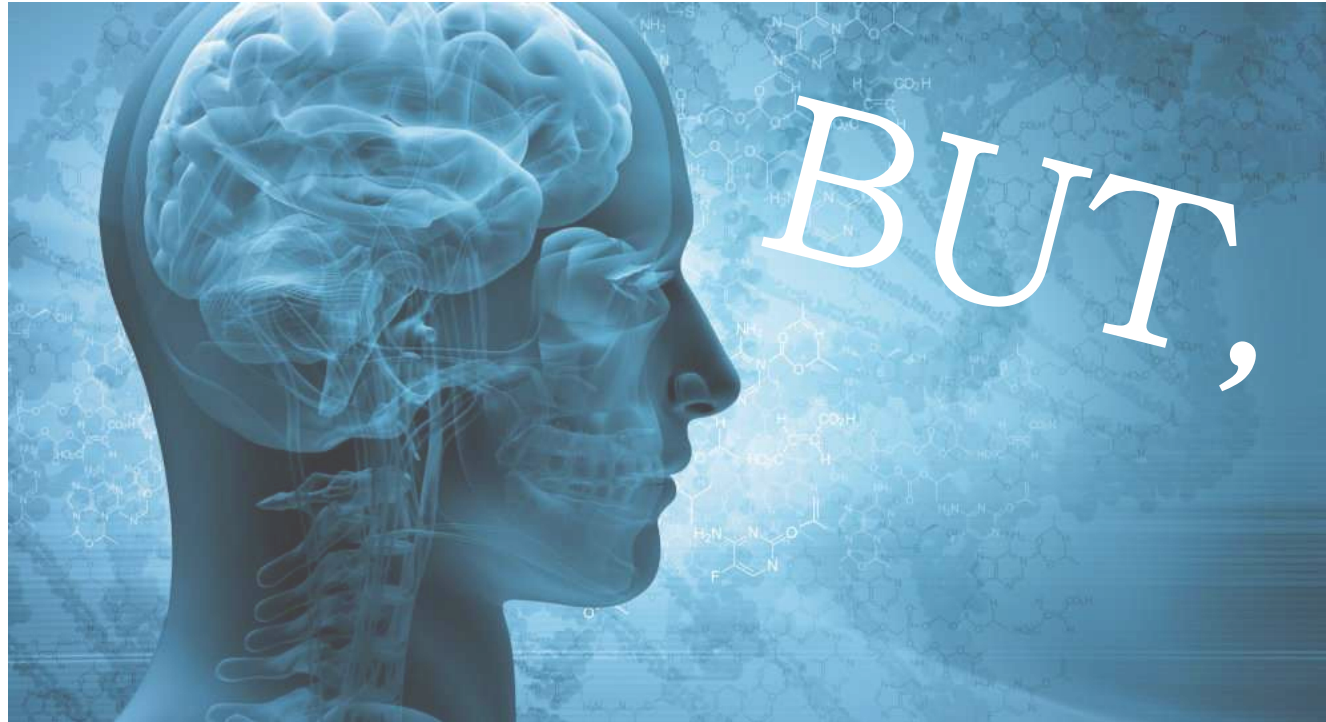
실재론 논쟁



에테르화



화학모델

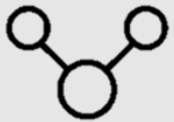


정말 호프만과 케플레는 원자가 크로케공과 같고  
원자가 소시지 모양을 하고 있다고 믿었던 것일까?

# 확실하지 않은 결론



돌턴 이론



아보가드로 이론



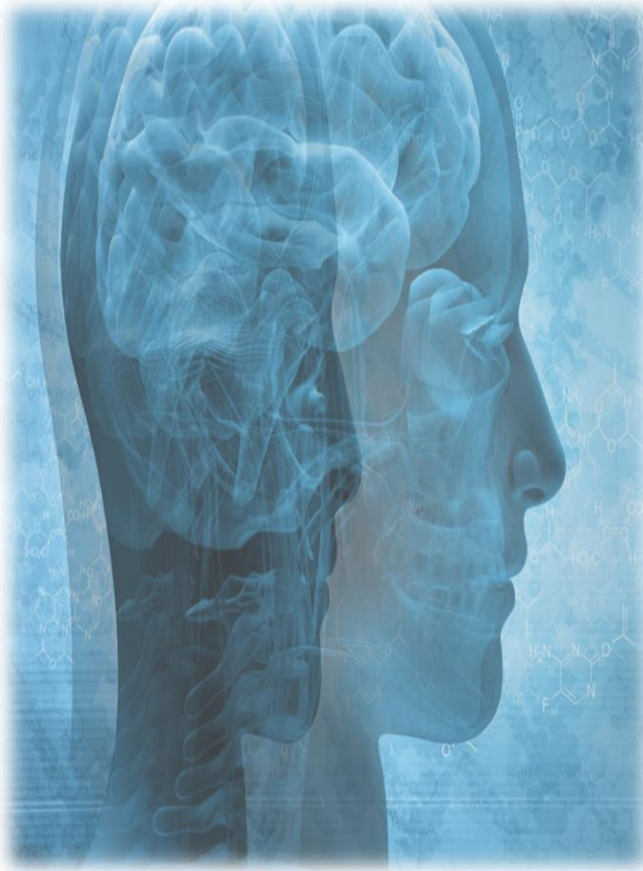
실재론 논쟁



에테르화



화학모델



이런 모델을 생각해냄으로 여러 원자들이 다른 원자들과 결합할 수 있다는 사실을 표현한 것.



조심스럽게 만들어지기 시작된 모델과 이론들이 굳어지며 결과적으로 근대화학의 기초로 정립되게 됨



물분자가  $H_2O$ 라는 사실이 "원자가"로 설명되면서 대부분의 과학자들이 동의 하게 됨.

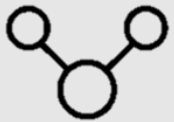
??

산소의 원자가가 2, 수소의 원자가는 1이라고 할 때  
물의 분자구조는  $H_2O$ 일 수 밖에 없구나 !!

# 확실하지 않은 결론



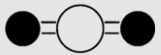
돌턴 이론



아보가드로 이론



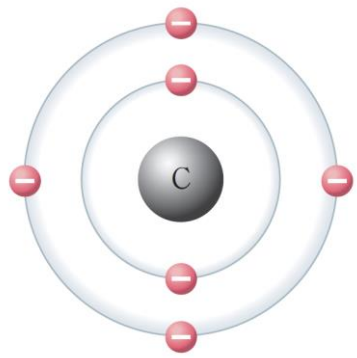
실재론 논쟁



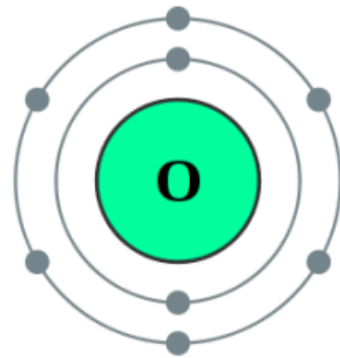
에테르화



화학모델



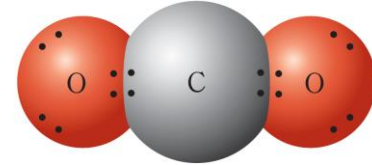
[ 탄소 ]



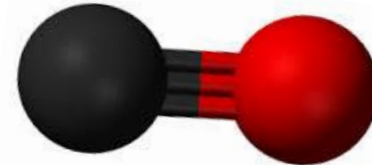
[ 산소 ]

산소가 풍부할 경우

산소가 덜  
풍부할 경우



[ 이산화탄소 ]



[ 일산화탄소 ]

모델을 이용해 어떠한 방법을 써봐도

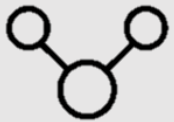
이산화탄소의 구조는 원자가로써 설명이 잘 되지만,  
일산화탄소의 구조는 원자가로써 설명할 수 없다.



# 확실하지 않은 결론



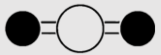
돌턴 이론



아보가드로 이론



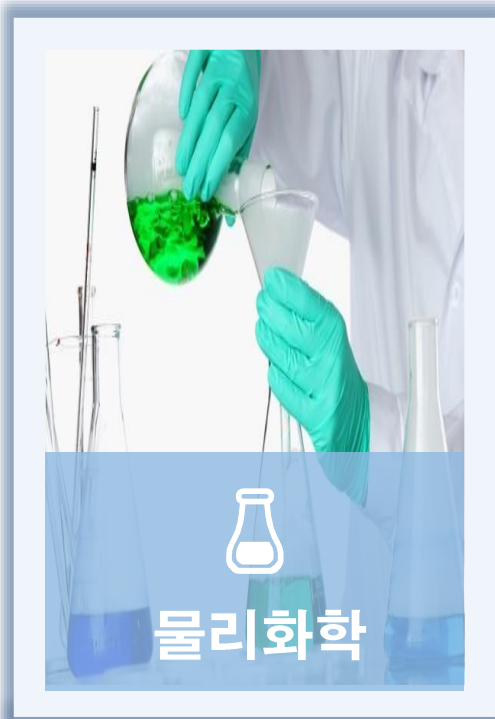
실재론 논쟁



에테르화



화학모델



화학반응의 이유와 과정에 대해  
설명 해야해!

VS



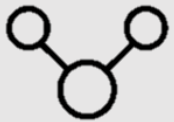
붙어있는 형태만을 밝히는  
구조이론만 있으면 돼!



# 과학교육의 참된 방법



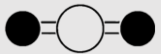
돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



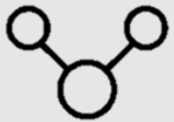
화학모델



모든 분야에서 실재론적으로 원자를 다루고, H<sub>2</sub>O 분자식과 비슷한 내용에 동의를 했다고 화학전체가 통일된 것은 아니다



돌턴 이론



아보가드로 이론



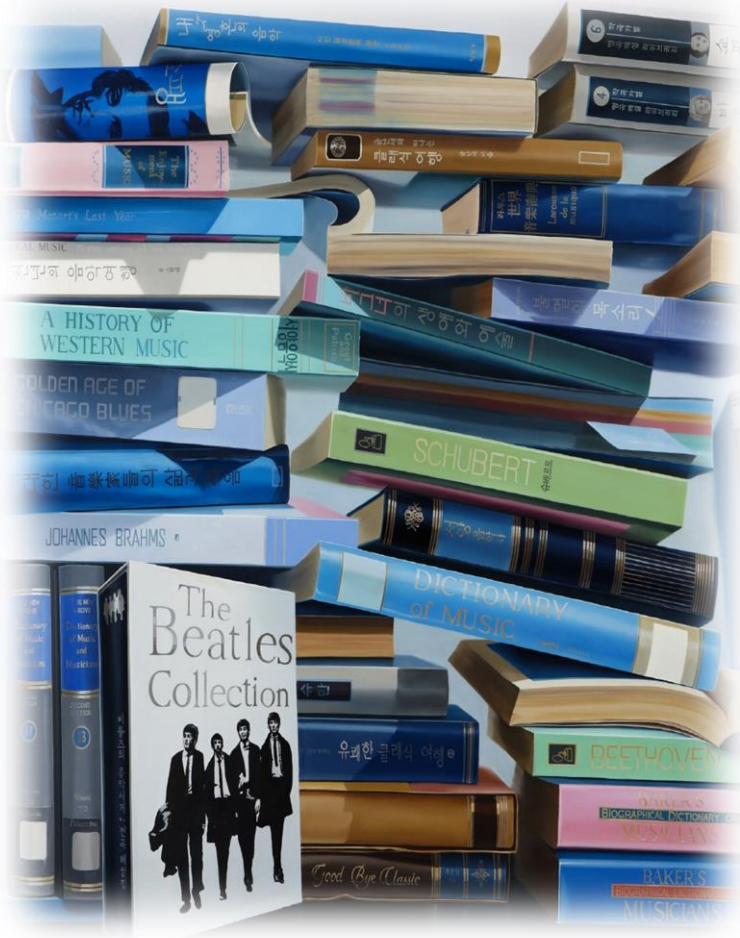
실재론 논쟁



에테르화



화학모델



## HISTORY

“ 과학교육은 나중에 과학자가 될  
사람만 받는 것이 아니다 ”

이렇듯, 긴 역사가 과학연구 하나하나에 녹아있지만

우리는 과학의 역사를 배운 기억은 없다.

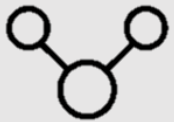
우리는 역사들을 거쳐온 결과만을 배울 뿐

과학자가 어떤 연구과정을 통해, 어떤 사고방식을 통해

이런 결과를 도출해냈는지는 아무도 알지 못한다



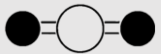
돌턴 이론



아보가드로 이론



실재론 논쟁



에테르화



화학모델




## 교육의 돌고도는 과학 주입식 교육

01  
학생의 문제

아무리 창조교육을 해도  
정답이 있다는 사실을  
알고 있음

02  
교육자의 문제

학생이 정답을 알아내지  
못하면 조바심을 느낌  
결국 답을 유도하게 됨



THANK YOU